

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-161115

(43)Date of publication of application : 13.06.2000

(51)Int.Cl. F02D 41/40  
F01L 1/34  
F02D 13/02  
F02D 43/00

(21)Application number : 10-333098

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 24.11.1998

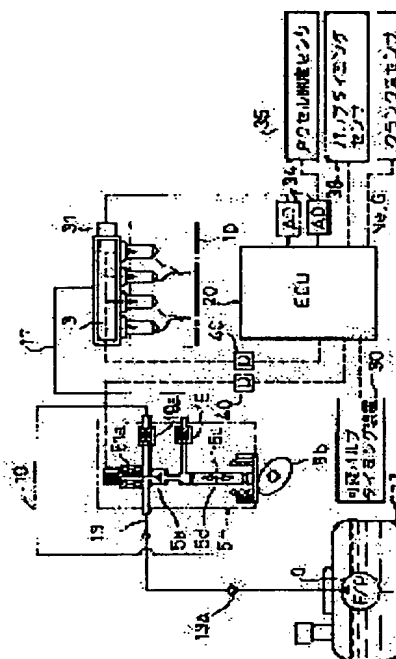
(72)Inventor : NAKAGAWA NORIHISA  
DEMURA TAKAYUKI

## (54) FUEL PUMP CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To accurately control the discharge quantity of a fuel pump for an internal combustion engine having a variable valve timing device.

**SOLUTION:** With this internal combustion engine, an inlet valve 5a is provided in a plunger type high pressure fuel injection pump 5 driven by a pump driving cam connected to a camshaft of the internal combustion engine. An electronic control device (ECU) 20 for the engine energizes a solenoid actuator 51a of the inlet valve during the delivery stroke of the pump 5 to close the inlet valve 5a. During the period of closing the inlet valve, fuel is discharged from the pump 5. The ECU 20 changes the valve timing of the engine depending on the operating conditions by a variable valve timing device 30 of the engine 10, and changes the valve closing timing and valve opening timing of the inlet valve 5a based on the predictions of the valve timing over a specified period. Further, the ECU controls the effective delivery stroke of the pump 5 in response to the valve timing so that a target discharge quantity can be obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

特開2000-161115

(P2000-161115A)

(43) 公開日 平成12年5月13日(2000.5.13)

F I 予備(参考)

F 02 D 41/40 C 30316

F 01 L 1/34 Z 30384

F 02 D 13/02 G 30392

43/00 301 H 30301

301 J

審査請求 未請求 請求項の数 3 OL (全 11 頁) 最終頁に続く

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 中川 徳久

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 出村 隆行

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外3名)

最終頁に続く

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内燃機関のカムシャフト回転に同期して作動する各種燃料ポンプの吐出量を予め定めた目標吐出量に制御する吐出量制御手段を備えた内燃機関の燃料ポンプ制御装置であって、

前記内燃機関は前記カムシャフトの回転位相を変化させることにより機関バルブタイミングを設定するバルブタイミング設定手段を備え、

前記吐出量制御手段は、前記燃料ポンプの有効吐出ストロークの開始または終了時期のうち少なくとも一方を機関バルブタイミングに応じて変化するにより、前記燃料ポンプ吐出量を前記目標吐出量に制御する請求項1に記載の内燃機関の燃料ポンプ制御装置。

【請求項2】 前記吐出量制御手段は、現在から予め定めた期間経過後の機関バルブタイミングを予測し、該予測バルブタイミングに応じて前記燃料ポンプの有効ストロークの開始または終了時期のうち少なくとも一方を変化させることにより、前記燃料ポンプ吐出量を前記目標吐出量に制御する請求項1に記載の内燃機関の燃料ポンプ制御装置。

【請求項3】 前記吐出量制御手段は、前記バルブタイミング設定手段により設定されるバルブタイミングと現在のバルブタイミングとに基づいて、現在から予め定めた期間経過後の機関バルブタイミングを予測する請求項2に記載の内燃機関の燃料ポンプ制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、内燃機関のカムシャフトに駆動される各種燃料ポンプの吐出量を制御する内燃機関の燃料ポンプ制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 高圧の燃料を貯留するコモンレール（蓄圧器）を設け、このコモンレールに燃料噴射弁を接続して内燃機関に燃料噴射を行なうコモンレール式燃料噴射装置が知られている。コモンレール式燃料噴射装置では、燃料噴射弁からの燃料噴射率がコモンレール内圧力に応じて変わるため、機関運転状態に応じて最適な燃料噴射率が得られるようにコモンレール圧力を精密しく制御する必要がある。

【0003】 コモンレール圧力制御は、一般にコモンレールに燃料を圧送する高圧燃料供給ポンプの吐出量（圧流量）を制御することにより行われている。また、高圧燃料供給ポンプとしては一般に機関のカムシャフトに連結され、カムシャフト回転に同期して回転する駆動カムにより駆動されるプランジヤポンプ等の容積式ポンプが使用される。

【0004】 この種の燃料ポンプの制御装置としては、例えば特開平8-177592号公報に記載されたものがある。同公報の装置は、内燃機関のカムシャフトに同期して回転する駆動カムにより駆動されるプランジヤ式

の燃料ポンプを用いて内燃機関のコモンレールに燃料を供給する際に、コモンレール圧力を検出するとともに、検出したコモンレール圧力と機関運転状態により定まるコモンレール目標圧力とに基づいてコモンレール圧力を目標圧力に一致させるようにポンプ吐出量を制御するようになっている。同公報の装置では、コモンレール圧力の検出とポンプからの燃料の吐出とは一定クランク角毎に行なわれる。

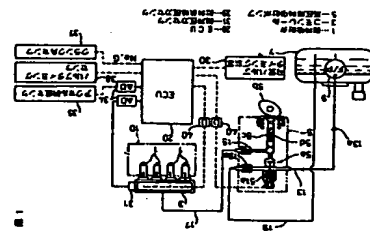
## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、上記特開平8-177592号公報の装置を運転状態に応じて機関のバルブタイミングを変更する可変バルブタイミング装置を有する内燃機関に適用した場合には問題が生じる場合がある。可変バルブタイミング装置としては、カムシャフトのクランクシャフトに対する回転位相を変化させることにより機関のバルブタイミングを変化させる形式のものがあるが、このような可変バルブタイミング装置を有する機関に上記公報の装置を適用すると、正確にポンプ吐出量を制御することができずコモンレールの燃料圧力の制御性が悪化する問題が生じる。

【0006】 すなわち、上記公報の装置では燃料ポンプはカムシャフトに連結されてカムシャフトと同期して回転する駆動カムによりプランジヤを駆動している。このため、カムシャフトの回転位相が変化するとポンプ駆動カムの位相もカムシャフトの位相に応じて変化する。一方、上記公報の装置ではクランクシャフトが一定のクランク角に到達する毎に燃料ポンプからの燃料の吐出が開始され、目標吐出量から定まる吐出期間（クランクシャフトが目標吐出量に相当する角度だけ回転する間）ポンプから燃料が吐出される。すなわち、ポンプ吐出量は、吐出期間中のポンプ駆動カムの回転によるカムリフト量の変化によって定まる。

【0007】 ところが、可変バルブタイミングを有する機関ではポンプの駆動カムの回転位相もカムシャフトの回転位相に応じて変化する。このため、ポンプの吐出開始時期（クランク角）と吐出終了時期（クランク角）を固定した場合でも、クランクシャフトに対するポンプ駆動カムの回転位相が変化すると、実際のプランジヤのストロークは変化してしまい、同一のポンプ吐出量が得られなくなる。

【0008】 この問題を、図5を用いて説明する。図5において縦軸はポンプ駆動カムのカムリフトを、横軸はクランク角を表すものとする。また、図5の曲線1は機関カムシャフトがバルブタイミングを最も遅角させる位置にある場合のポンプ駆動カムリフト曲線を示しており、図5に示すように、機関バルブタイミングが違角するとポンプ駆動カムのリフト曲線もクランク角の違角方向に平行移動している。この場合、ポンプ



【54】 【発明の名称】 内燃機関の燃料ポンプ制御装置

## 【57】 【要約】

【課題】 可変バルブタイミング装置を有する内燃機関の燃料ポンプ吐出量を正確に制御する。

【解決手段】 内燃機関のカムシャフトに連結されたポンプ駆動カム51bにより駆動されるプランジヤ式の高圧燃料噴射ポンプ5に吸入弁5aを設ける。機関の電子制御装置（ECU）20は、ポンプ5吐出行程中に吸入弁のソレノイドアクチュエータ51aに通電して吸入弁を開弁する。ポンプからは吸入弁開弁期間中に燃料が吐出される。ECU20は、機関10の可変バルブタイミング装置30により機関バルブタイミングを運転条件に応じて変化するともに、バルブタイミングの所定期間先の予測量に基づいて吸入弁の開弁時期及び開弁時期を変化させ、目標吐出量が得られるようにポンプの有効吐出ストロークをバルブタイミングに応じて制御する。

の吐出開始クラック角と吐出終了クラック角とが同一（吐出期間DP1が同一）であっても、バルブタイミング遅延角時のカムリフト（すなわちポンプブランチの吐出ストローク）D1とバルブタイミング遅延角時のカムリフトD2とは異なっている。このため、可変バルブタイミング装置を備えた機関において、バルブタイミングが固定された機関と同じ燃料ポンプ吐出量制御を行なっていると、バルブタイミングが変化しただけに目標のポンプ吐出量を確保することができなくなる場合が生じ、この場合、実際のポンプ吐出量が目標吐出量に対して過不足を生じ、カムリフトの圧力を正確に目標圧力に制御できなくなる。カムリフトの圧力を正確に目標圧力に制御できなくなることも、ポンプの運転に支障によるポンプ駆動損失の増大等の問題が生じる場合がある。

【0009】本発明は上記問題に鑑み、可変バルブタイミング装置を備えた機関にカムシャフト駆動の容積式燃料ポンプを使用する場合にも常にポンプ吐出量を正確に制御することを可能とする内燃機関の燃料ポンプ制御装置を提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明によれば、内燃機関のカムシャフト回転に伴って作動する容積式燃料ポンプの吐出量を予め定められた目標吐出量に制御する吐出量制御手段を備えた内燃機関の燃料ポンプ制御装置であって、前記内燃機関は前記カムシャフトの回転位置を変化させることにより機関バルブタイミングを設定するバルブタイミング設定手段を備え、前記吐出量制御手段は、前記燃料ポンプの有効ストロークの開始または終了時期のうち少なくとも一方を機関のバルブタイミングに応じて変化する可変バルブタイミングポンプ吐出量を前記目標吐出量に制御する内燃機関の燃料ポンプ制御装置が提供される。

【0011】すなわち、請求項1の発明では燃料ポンプの有効吐出ストロークの開始または終了時期のうち少なくとも一方が機関のバルブタイミング、すなわちカムシャフトの回転位置の変化に応じて制御される。このため、機関バルブタイミングにかかわらず、常に目標吐出量が得られるようにポンプの有効吐出ストローク長を制御することが可能となり、バルブタイミングが変化してもポンプ吐出量は目標吐出量に正確に制御されるようになる。

【0012】請求項2に記載の発明によれば、前記吐出量制御手段は、現在から予め定められた期間経過後の実際の機関バルブタイミングを予測し、該予測バルブタイミングに基づいて前記燃料ポンプの有効ストロークの開始または終了時期のうち少なくとも一方を変化させることにより、前記燃料ポンプ吐出量を前記目標吐出量に制御する請求項1に記載の内燃機関の燃料ポンプ制御装置が提供される。

【0013】すなわち、請求項2の発明では、吐出量制

御手段は現在から予め定められた期間経過後の実際の機関バルブタイミング予測に基づいてポンプ有効ストロークの開始または終了時期を変化させるため、例えば機関の通過遅延時等バルブタイミングが変化中であるような場合にも正確にポンプ吐出量が目標吐出量に制御される。

【0014】請求項3に記載の発明によれば、前記吐出量制御手段は、前記バルブタイミング設定手段により設定されるバルブタイミングと実際のバルブタイミングとに基づいて、現在から予め定められた期間経過後の実際の機関バルブタイミングを予測する請求項2に記載の内燃機関の燃料ポンプ制御装置が提供される。すなわち、請求項3の発明では吐出量制御手段はバルブタイミングの固定値（バルブタイミング変更後の目標バルブタイミング）と実際のバルブタイミング（現在のバルブタイミング）とに基づいて所定期間経過後のバルブタイミングを予測するため、簡易かつ正確に所定期間経過後のバルブタイミングが予測される。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を用いて本発明の実施形態について説明する。図1は、本発明を自動車用内燃機関に適用した場合の実施形態の概略構成を示す図である。図1において、1は内燃機関10（本実施形態では4気筒内燃機関）の各気筒内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁、3は各燃料噴射弁1が接続される共通の蓄圧室（コモンレール）を示す。コモンレール3は、後述する高圧燃料噴射弁5から供給される高圧燃料を貯留し、各燃料噴射弁1に分配する機能を有する。

【0016】また、図1において7は機関10の燃料を貯留する燃料タンク、9は高圧燃料ポンプに燃料を供給する低圧フィードポンプを示している。機関運転中、タンク7内の燃料は、フィードポンプ9により一定圧力に昇圧され、逆止弁13a、圧配管13を通過して高圧燃料噴射弁5に供給される。また、高圧燃料噴射弁5から吐出された燃料は、逆止弁15、高圧配管17を通過してコモンレール3に供給され、コモンレール3から各燃料噴射弁1を介して内燃機関の各気筒内に噴射される。

【0017】なお、図1において19、19aで示したものは後述する高圧燃料ポンプ5のブランチの吐出行程中に吸入弁5aから吐出される燃料を燃料タンク7に返戻するスプリング、及びスプリング19上に取り付けられた逆止弁である。高圧燃料ポンプ5及び吸入弁5aについては後述する。図1に20で示すのは、機関の制御を行うエンジン制御回路（ECU）である。ECU20は、リードインメモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、マイクロプロセッサ（CPU）、入出力ポートをそれぞれ双方向バスで接続した公知の構成のマイクロコンピュータとして構成されている。ECU20は、後述するように高圧燃料噴射弁5の吸入弁5a

の機関動作を制御して燃料噴射ポンプ5からコモンレール3に圧送（吐出）される燃料量を機関負荷、回転数、コモンレール圧力等に応じて設定し、コモンレール3内の燃料圧力を機関負荷、回転数等により定まる目標圧力に制御する吐出量制御手段として機能する。これにより、コモンレール燃料噴射弁の噴射率が機関負荷、回転数等に応じて調節される。また、ECU20は、燃料噴射弁1の噴射時期及び噴射量を制御して気筒内に噴射される燃料量と噴射時期とを機関負荷、回転数等に応じて調節する燃料噴射制御を行う。

【0018】本実施形態では、機関10は可変バルブタイミング装置30を備えている。可変バルブタイミング装置30は機関の吸排気弁（図示せず）の一方もしくは両方の開閉タイミング（バルブタイミング）を機関運転状態に応じて変更するものであり、機関10のカムシャフトの回転位置をクラックシャフトに対して変化する公知の形式のものが使用される。すなわち、カムシャフトはクラックシャフトから駆動され、クラックシャフトは同期して回転しているため、通常の機関ではカムシャフトにより駆動される吸排気弁の開閉タイミング（開弁するクラック角及び閉弁するクラック角）は固定されている。本実施形態ではカムシャフトをクラックシャフトと同様に回転させながら、カムシャフト回転位置をクラックシャフトの回転位置に対して変化する。例えば、カムシャフトの回転位置をクラックシャフト回転位置に対して変換させると吸排気弁の開閉タイミングはともに進角し、遅角される。バルブタイミングはともに進角し、遅角される。

【0019】上記制御のため、ECU20の入力ポートには、コモンレール3に設けた燃料圧力センサ31から、ポンプ運転状態パラメータとしてコモンレール3内の燃料圧力に対応する電圧信号が、AD変換器34を介して入力されている。機関アクセルペダル（図示せず）に設けたアクセル開度センサ35から機関負荷パラメータとしてのアクセルペダルの操作量（踏み込み量）に対応する信号が同様にAD変換器34を介して入力されている（なお、機関負荷パラメータとしては、機関吸気量、機関吸気圧力等を使用しても良い）。更に、ECU20の入力ポートには、機関のクラック角に設けたクラック角センサ37から、クラック角が基準回転位置（例えば第1気筒の上死点）になったときに発生する基準バルブ信号とクラック角回転角に応じて発生するバルブ信号との2つの信号が入力される。クラック角センサ37からの信号はECU20により機関10の回転数を算出するために使用され、また、後述する燃料噴射ポンプ5の吸入弁5aの開閉タイミングを判定するために使用される。また、ECU20の入力ポートには、カムシャフトに設けたバルブタイミングセンサ38からカムシャフトが基準回転位置になる毎にカム基準バルブ

信号が入力されている。ECU20は、クラック角センサ37から入力するクラックシャフトの基準バルブ信号と、バルブタイミングセンサ38から入力するカムシャフトの基準バルブ信号との位相差に基づいてカムシャフトの回転位置（バルブタイミング）を算出する。

【0020】また、ECU20の出力ポートは、機関回路40を介して各燃料噴射弁1に接続され、各燃料噴射弁1の動作を制御している。機関回路40を介して高圧燃料噴射ポンプ5の吸入弁5aの開閉を制御するソレノイドアクチュエータと接続され、ポンプ5の吐出量を制御している。更に、ECU20の出力ポートは、可変バルブタイミング装置30に接続され、機関運転状態（負荷、回転数）に応じて機関のバルブタイミングを制御している。

【0021】本実施形態では、高圧燃料噴射ポンプ5はポンプ駆動カム5bに駆動されてシリンダ5c内を往復動するプランジャ5dを有するプランジャポンプとされている。本実施形態ではポンプ駆動カム5bは前述の可変バルブタイミング装置30により回転位置を制御されるカムシャフトの端部に形成されており、カムシャフトの回転に同期して回転する。すなわち、高圧燃料噴射ポンプ5はカムシャフトの回転に同期して動作する。本実施形態では、ポンプ駆動カム5bは2つのカムノーズ部を有しているため、カムシャフト1回転当たり2回（クラックシャフト1回転当たり1回）の燃料吐出を行ない、コモンレール3に燃料を圧送する。

【0022】ポンプシリンダ5cの吸入ポートには、ソレノイドアクチュエータにより開閉駆動される吸入弁5aが設けられている。また、ECU20はポンプのシリンダ5cのプランジャ5dの上昇（圧送）行程における吸入弁5aの開閉時期及び開閉を変化させることによりポンプからの燃料の吐出量を制御する。図2は、吸入弁5aによるポンプ5の吐出量の制御原理を説明する図である。図2において、(A)はプランジャが下降中、すなわちポンプ5の吸入ストローク中の状態を、(B)はプランジャがポンプ駆動カム5bに押動されて上昇中の行程、すなわち吐出ストローク中の状態を、(C)は実際にポンプ5から燃料が吐出される有効吐出ストローク中の状態を示している。

【0023】図2(A)、(B)に示すように、ECU20は、各シリンダのプランジャ吸入ストロークの間、及びプランジャ吐出ストローク開始後所定の期間ソレノイドアクチュエータ51aへの通電を止める。これにより、吸入弁5aの弁体53aは、スプリング55aに押圧され閉弁位置に保持される。このため、吸入ストローク（図2(A)）では、プランジャ5dの下降動作に応じて燃料が低圧配管13からシリンダ5c内に吸入する。また、吸入弁5aが開弁した状態では、プランジャが吐出行程に入ってもシリンダ内の燃料は吸入弁5aから低圧配管13に逆流し（図2(B)）、逆止弁19a、スプリ

配管19（図1）を通してタンクに排出されるためシリ  
ング5c内の燃料圧力は上昇せず、燃料は高圧配管17  
には吐出されない。ECU20は所定の時期が来ると吸  
入弁5aのソレノイドアクチュエータ51aに通電す

る。これにより吸入弁5の弁体53はソレノイドに吸引され、スプリング65aの付勢力に抗して閉弁位置に移動する(図2(C))。これによりポンプチャンジャ1内圧力がコモーン3内の圧力より高くなり、シリンドラの内圧力がコモーン3内の圧力より高くなる。シリンドラの逆止弁15は開弁し、シリンドラ内の高圧の燃料油が高圧配管17を經由してコモーン3に圧送される。すなわち、ソレノイドアクチュエータ51aに通電するこれにより、ポンプ5からの実験の燃料吐出を行なう有効吐出ストロークが開始される。また、ECU20はこの状態から所定の時間が来るとソレノイドアクチュエータ51aへの通電を停止する。これにより、弁体53エースプリング55aに押動され高度閉弁位置(図2(B))に移動するため、シリンドラ内の燃料はスプリング17を通過して燃料タンク7に逆流するようになり、シリンドラ内の圧力が低下してポンプ5から高圧配管17への燃料吐出が停止する。すなわち、本実施形態ではソレノイドアクチュエータ51aへの通電を停止することにより、ポンプ5の有効吐出ストロークが終了する。

●(0.0.2.4) ポンプ5の有効吐出ストローク中にコンモナル3に吐出(圧送)される燃料量は、ポンプ5の有効吐出ストローク中にブランジヤdが上昇した距離a、すなわちポンプ5の有効吐出ストローク中のポンプ5の動かし量abのリフト量に比例する。そのため、吸入弁aの開閉タイミング(リレノイドアダプチュエータへの電圧タイミング)を調節することにより、コンモナルに圧送する燃料量が制御される。

[illegible]

する。このため、図5で説明したように、たとえばポンプの有効吐出期間が一定であっても実際に高圧燃料噴射がポンプ5から吐出される燃料の量が変化してしまうことになる。

【0026】本実施形態では、 $ECU20$ は以下に開示する方法で吸入弁5aの有効吐出ストロークの時期及び期間を検知する。バルブタイミングに応じて変化させることにより、常に所定燃焼圧対ポンプ5の吐出量が目標値となるように制御する。前述のように、高圧燃焼環境がポンプ5から吐出される有効吐出ストローク期間内のブランジャ量5bの移動量、すなわちポンプ5の吸入弁5aの開弁時（有効吐出ストローク終了時）と開弁時（有効吐出ストローク開始時）におけるポンプ駆動カム5bのリフト量の差によって定まる。例えば図5の場合も、バルブタイミングが遅きのであれば、ポンプ駆動カムリフト曲線が図5の曲線Iから曲線IIに变化したときに、バルブタイミングに応じてポンプ吐出期間を変化させて、同一のカムリフト量差Dに得られるクランク角（例えば図5の区間P2）に有効吐出期間を設定すればバルブタイミングが追角される。バルブタイミングとを規定すれば、バルブタイミングと開弁タイミングとを規定すれば、バルブタイミングとを規定すれば、カムリフト曲線Iにおいて吸入弁5a開弁タイミング（図5にVC1で示すタイミング）と開弁タイミング（図5にVC2で示すタイミング）とを同一の点、言い換えれば曲線IのVC1とVO1とに対応する（ポンプ駆動カム5bの回転位置が同一になる）曲線I上上の点VC2とVO2とに吸入弁5aの開弁タイミングと開弁タイミングとを規定すれば、バルブタイミングが追角されてカムリフト曲線Iから曲線IIに変化した場合でも同一のカムリフト量差D1を得ることが出来る。

【0027】そこで、本実施形態ではコモンレール圧力に基づいて高圧燃料供給ポンプ5の目標吐出量を算出した後、まず基準のバルブタイミング（例えば、図5における最速角状位（曲線1））における吸入弁5aの開ける最速角状位（曲線1）と開弁タイミングVO1とを算出、現在のバルブタイミング（例えば、図5における最角状位（曲線11））においてポンプ駆動カム5bの転位位置がそれぞれVC1、VO1と同じになるタイミングVC2、VO2を算出し、このVC2、VO2に吸入弁5aの開弁タイミングと開弁タイミングVO2とを設定するようにしている。

0028]ところが、実際には過渡運動時等でバルブタイミングが変更途中にある場合には上記VC2.とV2とを算出することが困難になる場合がある。例えば、バルブタイミングが最速角状態(図5、曲線1)から最遅角状態(同、曲線11)に変化する場合には、曲線1から直接曲線11に切り換わるわけではなく、バルブタイミングが過渡運動時に制限されるわけではなく、過度で比較的確やかに1から11の状態に変化する。

この場合には、バルブタイミング変化中はポンプ駆動角カム5bのリフト曲線は図5に曲線IⅠで示すようなバルブタイミング駆動角状態(曲線IⅠ)から最速角状態(曲線I)に変化する場合には、ポンプ駆動角カム5bのバルブタイミング駆動角変化時の速度カムリフト曲線は図5に曲線IⅠⅠで示すように上記速度カムリフト曲線IⅠⅠ上において基準バルブタイミングを求め、そのバルブタイミングに同じく基準ポンプ駆動角カム5bの回転位相が得られるように吸入弁5aの閉弁と閉弁タイミングとを決定する必要がある。例えば、このタイミングは最速角状態から最速角状態への変化途中では、図5、曲線IⅠⅠ上のタイミングUC3、VO3に、また最速角状態から最速角状態への変化途中では、曲線IⅠⅠ上の速度カムリフト曲線IⅠⅠに相当する。しかも、図5の速度カムリフト曲線IⅠⅠ、IⅠⅠは最速角状態と最速角状態との間の変化のみを、最速角状態と最速角状態との間の変化のみに過ぎず、最速角状態と最速角状態との間の4本のバルブタイミングの変更の際には速度カムリフト曲線は真直になった形状となる。また、吸入弁5aの閉弁タイミングは自該吐出量の算出タイミングが決定する必要がなくなるため、吸入弁の吐出期間より以前に決定しなけばならない。

【0029】そこで、本実施形態ではポンプ5の目標吐出量発生時に、ポンプの吐出期間（投入弁5aの開閉タイミング）におけるバルブタイミングを予測して、このバルブタイミングと目標吐出量とに基づいて最終的投入弁5aの開閉タイミングを算出するようにしている。次に、上述した高圧燃料計がポンプ5の投入弁5aのポンプタイミング設定（吐出量制御）の具体的操作を図3フローチャートと図4のタイミング図を用いて説明する。

【0030】図4は、高圧燃料噴射ポンプ5のポンプ駆動カム5bのリフト曲線を示す図5と同様な図であり、軸はクランク角を、縦軸はポンプ駆動カム5bのリフトを、それぞれ示している。また、図4において曲線1はバルブタイミンギ調整用のポンプ駆動カム5bのリフト曲線、曲線2はあるバルブタイミンギからのバルブタイミンギへの変換途中における過渡的なカムリフト曲線を例示している。なお、図4においてクランク軸はクランクシャフトの連桿位置（例えば機関第1気筒上死点）TDCまでの角度（B TDC）で示している。なお、クランク角が大きいほど早いタイミンギとなっている。

00031] 本実施形態では、後述するようにポンプ有吐出ストロークはクランク角VC5からVO5までの間に設定されるが、この有効吐出ストローク(VC

5. VQ5) の発出は吐出ストロークよりかなり早い時期 (クランク角 Q.T.、例えば QT はクランク角で B.T.D C36.0 度程度) に決定する。また、Q.T.において有効吐出ストロークが決定するために、Q.T より更に早い時期 V.L.T.においてバルブタイミングの予測を行なう (0.032 以下、図 3 のプロチャータに基づいて説明する。図 3 の動作は ECU20 により一定クランク回転角毎に実行されるルーチンとして行なわれ、操作がスイングすると、図 3 ステップ 301 では、現在バルブタイミング調整を実行するタイミンングか否か、すなわち現在のクランク角 CA が V.L.T. (図 3) に 1 しいか否かが判定される (本装置形態では、例えば  $V.L.T = 4.2^\circ$ 、B.T.D 相対のタイミンングに設定される)。

【0033】そして、ステップ303では、現在のバルブタイミング値 $V_{VT}$ とクランク回転角 $360^\circ$ 前のバルブタイミング値 $V_{VT-1}$ とを読み込み、 $V_{VT}$ と $V_{VT-1}$ とに基づいて、現在からクランク回転角 $360^\circ$ 後の間のバルブタイミングの変化量 $\Delta V_{VT}$ を、

$$\Delta V_{VT} = (V_{VT} - V_{VT-1}) + (V_{VT} - V_{VT})$$

として算出する。ここで、 $V_{VT}$ は現在におけるバルブタイミングの目標値である。上記 $\Delta V_{VT}$ の算出式は、実際に求められたものであり、現在からクランク回転角 $360^\circ$ 回転する間のバルブタイミング変化量である。過去クランクシャフト $360^\circ$ 回転の間に実際に発生したバルブタイミング量に、バルブタイミング目標値と現在の実際のバルブタイミングとの差を加えたものに等しくなることが実験の結果判明している。なお、上記ステップ304及び、VTは直上本実施形態でバルブタイミング最適化状態からのバルブタイミング値增量として用いられる。例えば、現在のバルブタイミングが最適化状態にあるときはVTは0になる。

[0034] 次にステップ305では上記により算出された予測変置量  $d_{lvvt}$  の値が最大値  $\alpha$  (逆角中の増分) と最小値  $\beta$  (逆角中の場合) とにより制限される。すなわち、 $d_{lvvt} > \alpha$  の場合、または  $d_{lvvt} < \beta$  の場合には、 $d_{lvvt}$  の値はそれぞれ  $\alpha$  (例えば  $5^\circ$ )、 $\beta$  (例えば  $\beta = -10^\circ$ ) に変更される。図3の逆角動作時と逆角動作時の最大作動速度である

【0035】上記により変化量測定値  $d\text{lvvt}$  を算出し、ステップ307で現在のクランク角  $\theta$  が高圧燃料ポンプ5の吸入中間時期の算出タイミングQT(図4)になったか否かが判定され、 $\text{CA}=\text{QT}$ である場合には、ステップ309から319で吸入弁5aの開時期の算出が行なわれる。すなわち、ステップ309は、目標吐出量と燃焼回転数(ポンプ5の回転数)、モンロー圧力に基づいて吸入弁の基準開時期(クランク角)  $\text{afpo}$  が算出される。基準開時期  $\text{afpo}$  はバルブタイミングが最も遅い場合

図において、目標吐出量を、最も最近の吸入弁5aの閉弁時期（ソレノイドアクチュエータ51aの通電停止時期）である（図3参照）。基準閉弁時期 $a f p o f f$ は、バルブタイミンが最速角状態で機関回転数とコマモレーン圧力（機関負荷）を数値化して目標吐出量毎に最適値を予め実験的に求めてあり、目標吐出量、機関回転数、コマモレーン圧力を用いた数値マップの形でECU2のROMに格納してある。

【0036】次いで、ステップ311ではステップ309と同様に、予め準備された目標吐出量と、機関回転数、コマモレーン圧力とに基づいた数値マップから、目標吐出量を得るために必要とされる基準状態における吸入弁5aの閉弁時期 $a w o n b$ （ソレノイドアクチュエータ51aの通電時期）（図3参照）が算出される。そして、ステップ313では、基準閉弁時期 $a f p o f f$ と基準閉弁時期 $a w o n b$ とから、基準状態における閉弁時期（ソレノイドアクチュエータ51aの通電開始時期） $a f p o n s$ （クランク角）が、 $a f p o n s = a f p o f f + a w o n b - a o f f a c t$ として算出される。ここで、 $a o f f s e t$ は、カムシャフトの基準位置に対するポンプ駆動カム51bのカムノーズ部のオフセット量である。

【0037】上記により算出した閉弁時期 $a f p o n s$ と閉弁時期 $a f p o f f$ とは、基準状態（バルブタイミンが最速角状態）において、ポンプ目標吐出量を得るために必要とされる吸入弁5aの閉弁時期と閉弁時期であるが、実際の吸入弁5aの閉弁と閉弁を行なう時には、バルブタイミンが最速角状態から変化しているため、上記閉弁時期と閉弁時期とはバルブタイミンに応じて変更が必要である。

【0038】本実施形態では、実際の吸入弁閉弁時期をバルブタイミンに応じて変更する際には上記とは逆に吸入弁閉弁時期を基準にして吸入弁閉弁時期を算出する。このため、ステップ315では、上記により算出した基準閉弁時期 $a f p o n s$ を、とりあえず前述のバルブタイミン変化量予測値を算出したときの実際のバルブタイミン $a f p o n b$ における値 $a f p o n b$ に換算しておく。吸入弁時期 $a f p o n b$ は、基準閉弁時期 $a f p o n s$ におけるポンプ駆動カム51bの回転位置と同じ回転位置を、るためのバルブタイミン $a f p o n s$ におけるクランク角であり、 $a f p o n b = a f p o n s + V T$ となる。

【0039】次いで、ステップ317では、上記により算出した吸入弁時期 $a f p o n b$ のバルブタイミン変化予測値 $d i v v t$ に基づく修正値 $k a o n g$ が、 $k a o n g = (d i v v t / 360) \times (Q T + k a c a l - a f p o n b)$ として算出される。上式の第1項はクランクシャフト回

転角 $1^\circ$ 当たりのバルブタイミンの変化量を意味し、第2項はバルブタイミン $a f p o n b$ （クランク角 $V L T$ ）から吸入弁時期 $a f p o n b$ までのクランク回転角度である（ $k a c a l$ は $V L T$ から $Q T$ までのクランク回転角度を表している）。

【0040】すなわち、 $(Q T + k a c a l - a f p o n b)$ は、機関のバルブタイミン $a f p o n b$ がバルブタイミン $a f p o n b$ から吸入弁時期 $a f p o n b$ まで変化しない限り一定に維持されていると仮定した場合の、バルブタイミン $a f p o n b$ から吸入弁時期 $a f p o n b$ までの期間（クランク角）を表している。ところが、実際には機関のバルブタイミンは現在変化中であり、吸入弁時期 $a f p o n b$ と同じポンプ駆動カムの回転位置（すなわち基準閉弁時期 $a f p o n s$ と同じポンプ駆動カムの回転位置）を得るためには上記 $(Q T + k a c a l - a f p o n b)$ の期間をこのバルブタイミン変化量に基づいて修正する必要がある。すなわち、基準閉弁時期 $a f p o n s$ と同じポンプ駆動カム回転位置を得るためには、この間に例えばバルブタイミン $a f p o n s$ と異なる場合には上記閉弁時期 $a f p o n s$ だけ短くする必要がある。あるし、バルブタイミン $a f p o n s$ が $a f p o n s$ だけ遅い場合には上記閉弁時期 $a f p o n s$ だけ長くする必要がある。一方、現在機関のバルブタイミンはクランク回転角 $1^\circ$ 当たり $d i v v t / 360$ の速度で変化しているのだから、上記閉弁時期に修正する量は上式の $k a o n g$ になる。すなわち、 $k a o n g$ は、ステップ315で算出した吸入弁時期 $a f p o n s$ を更に、基準閉弁時期 $a f p o n s$ と同じポンプ駆動カム回転位置を得るために必要なバルブタイミン変化量に応じた修正量である。

【0041】また、上記と同様に、バルブタイミンに応じて基準閉弁時期 $a f p o f f$ も修正するため、吸入弁51aの閉弁時期 $a w o n b$ もバルブタイミン変化量に応じて修正する必要がある。そこで、ステップ317では上記と同様にステップ311で算出した基準閉弁時期 $a w o n b$ の修正値 $k a o n w$ が、バルブタイミンの変化量に応じて、 $k a o n w = (d i v v t / 360) \times a w o n b$ として算出される。

【0042】そして、ステップ319では最終的な吸入弁の閉弁タイミン（ソレノイドアクチュエータ通電開始タイミン） $a f p o n$ と閉弁時期（ソレノイドアクチュエータの通電開始時期） $a w o n$ とが、 $a f p o n = a f p o n b + k a o n$   
 $a w o n = a w o n b + k a o n w$ として算出される。

【0043】上記により、クランク角 $Q T$ においてソレノイドアクチュエータの通電開始タイミン $a f p o n$ と通電開始時期 $a w o n$ とが算出されると、別途実行される吸入弁駆動操作ではクランク角 $a f p o n$ になる（吸入弁5aのソレノイドアクチュエータ51aへの通

電が開始され、クランクシャフトが $a w o n$ だけ回転する間通電が継続される。これにより、バルブタイミンが変化中であっても、吸入弁の閉弁期間中のポンプ駆動カム51bの回転によるリフト量変化は基準値と同一（図4、D1）になるため、実際のポンプ吐出量は正確に目標吐出量に一致するようになる。すなわち、本実施形態によれば、機関バルブタイミンが変化した場合でもポンプ吐出量を正確に目標吐出量に制御することが可能となる。

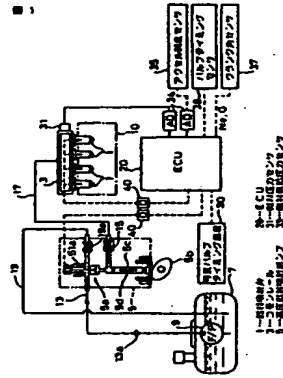
【0044】なお、上記の実施形態ではバルブタイミン $a f p o n$ が変化に応じてソレノイドアクチュエータの通電開始タイミンと通電終了タイミンとの両方を変更しているが、前述したように通電期間内におけるポンプ駆動カムのリフト量変化が基準状態のリフト量と等しければポンプ吐出量は常に目標吐出量と一致する。このため、例えばポンプ駆動カムリフト量の変化が基準状態のリフト量と一致するように通電期間をバルブタイミンに応じて設定すれば、通電開始時期または通電終了時期のいずれか一方を固定することも可能である。

【0045】また、上記実施形態では本発明の燃料ポンプ制御装置を4気筒内燃機関に適用した場合は例にとつて説明したが、本発明は4気筒以外の気筒数の内燃機関にも適用可能であることは言うまでもない。更に、本発明はガソリン機関のみならずディーゼル機関にも適用可能であり、更に筒内に直接燃料を噴射する筒内燃料噴射弁を備えた機関のみならず、気筒吸気ポートに燃料を噴射する吸気ポート燃料噴射弁を有する機関等にも適用することができる。

【0046】

【発明の効果】各請求項に記載の発明によれば、可変バ

【図1】



ルブタイミンが装置を備えた機関にカムシャフト駆動の容積式燃料ポンプを使用する場合にも常にポンプ吐出量を正確に制御することが可能となるという共通の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明をコモンレールを有する自動車用内燃機関に適用した場合の実施形態の概略図を説明する図である。

【図2】図1の実施形態の高圧燃料噴射ポンプの吐出量制御方式を説明する図である。

【図3】図1の実施形態におけるバルブタイミン変化予測値に基づくポンプ吐出量制御動作を説明するフローチャートである。

【図4】図3のフローチャートを補足説明するためのタイミン図である。

【図5】バルブタイミンの変化によるポンプの吐出量変化を説明するタイミン図である。

【符号の説明】

- 1...燃料噴射弁
- 3...コモンレール
- 5...高圧燃料噴射ポンプ
- 5a...吸入弁
- 5b...ポンプ駆動カム
- 5c...シリンドラ
- 5d...プランジャ
- 51a...ソレノイドアクチュエータ
- 10...内燃機関
- 20...電子制御ユニット（ECU）
- 30...可変バルブタイミン装置



(11)

19

Fターム(参考) 3C016 A02 A12 A19 BA25 DA21  
DA23 GA06  
3C084 A01 BA13 BA15 BA23 DA04  
DA25 EA07 EB09 EC02 EC03  
FA00 FA13 FA18 FA33 FA38  
3C092 A01 A02 A05 A06 A11  
AB02 BB01 BB06 BB08 DA01  
DA02 DA04 DE06 DE01  
EA04 EC09 FA06 HA11Z  
HA12Z HB01Z HB02Z HB03X  
HB03Z HB01Z HB03Z HB04Z  
HF08Z  
3C301 HA01 HA02 HA04 HA19 LB04  
LB11 MA11 MA18 NB02 NC02  
NE23 PA17Z PB00Z PB03A  
PB05Z PB08A PB08Z PE01Z  
PE03Z PE04Z PE10Z PF03Z